

氏名	天野 雄一朗
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	乙 第 242 号
学位授与の日付	平成29年3月20日
学位授与の要件	信州大学学位規程第5条第2項該当
学位論文題目	業務用途建築物における空調設備の省エネルギー・負荷平準化に寄与する設計・運用手法に関する実践的研究
論文審査委員	主査 教授 高木 直樹 教授 浅野 良晴 准教授 高村 秀紀 准教授 岩井 一博 准教授 田島 昌樹 (高知工科大学)

論 文 内 容 の 要 旨

業務用途建築物における空調設備の省エネルギー・負荷平準化に寄与する設計・運用手法に関する実践的研究

昨今、地球温暖化現象の抑制に向けあらゆる分野の省エネルギー対策が喫緊の課題として取り上げられるなか、一般的な事務所建物において約40%を占める空調設備に関わるエネルギーを低減するためには、適正な設計・運用が肝要である。設計の観点から鑑みると、実状と乖離した条件により過大な空調設備設計をしている可能性があり、合理化の余地があると考えられる。また、運用の観点からは、適正な運転状態を保つコミュニケーション（性能検証）の重要性は認知されているものの、コスト面からその過程を設計・施工から各運用フェーズにおいて長期間実践した事例が少なく成果についても検証が進んでいない。

本研究では、まず空調設備の省エネ上重要なヒートアイランド化抑制の一手法としてリモートセンシング技術を利用した「空調設備の効率的な運転に向けた屋外温熱環境改善手法の検討」を、次に事務所建物における空調設備の設計手法の検討として、各室内機の運転状況を長期間計測・検証した一事例である「小規模事務所建物における空調設備の稼働状況検証と設計手法の合理化」を、また、安全性と冗長性を重視している機械室の空調設備の設計・運用手法の検討として「電力供給に供する重要機器室における空調計画・運用手法の合理化」を、最後にコミュニケーションを活用した長期的な取り組みについて「環境共生型事務所建物における継続的なコミュニケーションに関する実践研究」をそれぞれ実施し、業務用途建物における空調設備の設計・運用手法の合理化に向けた総合的な研究を行った。以下に、各テーマ別の内容と結果を整理する。

1. 空調設備の効率的な運転に向けた屋外温熱環境分析手法の検討

空調設備の省エネ上、空調室外機が設置される屋外温度は重要であり、都市の温暖化と植生計画に相関関係があることが分かっている。近年、高空間分解能をもつ汎用衛星データが利用でき、細かな緑被まで抽出することができるが、緑量の判定に重要な樹種の判別までは困難であることが多く、「面上に」「詳細に」「樹種を判別」できる技術の確立が望まれている。そのため、高空間・周波数分解能のハイパースペクトルデータ AVIRIS を利用した土地被覆分類について実測データをもとに検証し、新たな分析手法として提案した。

2. 小規模事務所建物における空調設備の稼働状況検証と設計手法の合理化

小規模事務所建物では、一般的にビル用マルチパッケージ空調機が採用されている場合が多く、冷温水を利用した中央空調方式に比べ処理熱量を計測する手法が限られ、計測が

困難かつ労力を要するため検証事例が少ない。また、設計時の空調負荷計算結果および実稼働条件下における計測結果を比較した事例が少なく、設計の合理化に関してこれらの知見を蓄積することが必要である。そのため、各空調室内機の処理熱量を詳細に計測することで、熱源や空調室内機の実稼働時の負荷率や必要容量と設計時の設備容量についての差異を明らかにし、合理的な設計手法を提案した。

3. 電力供給に供する重要機器室における空調計画・運用手法の合理化

重要機器室のカテゴリーを通信機械室、配電盤室、電源室、計算機室の4用途に区分し、機器発熱量の簡易推定手法を提案し、推定精度を確認した。次に、四国内における10箇所の重要機器室で同様の実測・評価を行ったところ、全ての室で最大空調負荷が空調機容量を大幅に下回っていることが確認された。また、重要機器は設置架台を標準化している場合が多く、用途別の機器設置単位面積あたりの機器発熱量に相関関係が認められた。最後に重要機器室473室に対して、運用条件を変更した場合における四国全体での年間空調負荷等の低減度について試算した。その結果、設定温度を1°C上げることで、空調機容量を約270kW、年間空調負荷を約7,050GJ削減できると推定された。これらより、合理的な空調設備の設計・運用が可能となることが示唆された。

4. 環境共生型事務所建物における継続的なコミッショニングに関する実践研究

自然エネルギーを利用した季節間土壤蓄熱方式を導入した建物における10年間に亘る継続的なコミッショニングを実践した手法と省エネルギー・負荷平準化の運用改善効果について示した。対象建物は、土壤蓄熱、水蓄熱等を複合化した空調システムを導入しており、機器構成が多岐に亘ることから運用者による経験的手法での運転改善が困難であり、4つのフェーズにおいてシミュレーション等を利用した空調設備全体の運用適正化に取り組んだ。土壤蓄熱システムの運転改善においては、初年度のシステム効率3.61から継続的なコミッショニングの実践により10年目には10.13まで向上できた。水蓄熱システムの運用改善では、地域冷暖房設備からの需給熱量デマンドと蓄熱効率のバランスを考慮しながら運転改善を行い、冷熱量デマンドを竣工時から約50%削減、蓄熱効率を約10%向上した。これらの取り組みにより、ビル全体の消費エネルギーについて、2013年には年間単位面積あたり1次エネルギー消費量が934MJ/m²・年となり、一般的なオフィスビルのエネルギー消費原単位と比較して約45%、竣工時から約40%のエネルギー削減を達成した。